

## 耐候性鋼橋梁のさび層の形成過程に関する再考察

加納橋梁技術事務所 正会員 ○加納 勇 宮崎大学 正会員 森田千尋  
 (一財) 土木研究センター 正会員 中島和俊 (一財) 土木研究センター 正会員 安波博道

### 1. 概要

架設後 24 年経過した耐候性鋼橋梁を 10 年間にわたり腐食量、さび厚、及びさびのはく落量を追跡調査してきた。その結果をもとに「さびのはく落 (はく離)」という視点からさび層の形成過程に関して考察を行った。

さび層を持つ鋼材の表面 (地金境界) で生成されるさびに関して、特に耐候性鋼材の耐候性能の発現という視点からかなり議論がなされてきた<sup>1), 2)</sup>など。しかし、この生成サイクルが繰返えされてさび層が形成され成長して行くと考えることができる。今回の調査では、このさび層は保持できる限界量を持ち、それを超えると表面からはく落し、その時のはく落量は腐食量にほぼ等しくなっていることが分かった。これまでの通説的に言われてきたこと<sup>3)</sup>とは異なる見方ができ、いくつかの疑問が挙げられる。

### 2. 腐食減耗量とさび厚、さびのはく落量との関係

さび生成量である腐食減耗量  $g/m^2$  ( $Y(x)$ ) は、その場所にさびとして留まる量  $g/m^2$  (さび保持量  $S(x)$ ) とはく離してその場所から離脱する量  $g/m^2$  (はく落さび量  $W(x)$ ) に分かれ、次式のように常に ( $x$ : 暴露年数) バランスをとっていると考えられる<sup>4)</sup>。

$$Y(x) = S(x) + W(x)$$

このことは、理論上当り前のことのようにであるが、我々は、はく落さびを採取しやすいウェブ面と下フランジ下面とに捕獲器を設置して長期計測を実施し、このことを確認した。はく落さびの回収は基本 1 年毎に行い年間はく落さび量  $W'(x)$  を実測した。年間腐食減耗量  $Y'(x)$  は、同じ面にワッペン式試験片を設置して腐食量推定式  $Y = AX^B$  (mm) を求め<sup>5)</sup>、この結果から推定した。ここに、マーク「'」は  $x$  に関する微分を意味する。さび保持量  $S(x)$  は、電磁膜厚計で計測したさび厚 ( $\mu$ ) から求めた。結果はすべて Fe 質量換算して表現した。換算法には不備な点もあり今後の課題の 1 つであると考えている。

図 1 は、さび保持量 (実測値) と腐食減耗量 (推定値) との関係を示し、図 2 は、年間はく落さび量 (実測値) と年間腐食減耗量 (推定値) との関係を示している。図 1 で、さび保持量 (さび厚さ) が暴露年数 10 年目ごろから腐食減耗量から乖離して始め、25 年目ごろでは完全に乖離している。一方で、図 2 に示すように、25 年目ごろでは年間はく落さび量と年間腐食減耗量とはほぼ等しく推移している。すなわち、暴露 10 年後ごろからさびはさび層の最表面から順次はく落し、この時期に地金境界で生成されたさびもさらに 10 年が経過すれば表面に到達して、その表面からはく落すると考えられる。このようにしてさび層は 20 年間で新しい層に置換わることが想像できる。なお、ここでのさび粒子の平均径は 0.57 mm (粒度分析) と細粒子であった。

同様に、同じ橋梁の各部位でのさび厚 (さび保持量) の実測結果を図 3 に示す。下フランジ上面では、生成さびは上面に留まり続けるため、さび保持量の限界は見られない。また、計測法の違い、さびの飛散などがあり実測値はバラツキが生じている。

### 3. さび層に関する再考察

1) さび層は置換わっていること 環境の良い調査橋梁の内側ウェブ面では約 20 年でさび層は下から上まで完全に置換わることが予測される。20 年超の暴露試験片をもとに、耐候性鋼材のさび層は長期暴露することでさび組成は徐々に時間的に変化し、オキシ水酸化鉄  $\alpha$ -FeOOH の比率が増加することが議論され<sup>6)</sup>、また、それを主体とするさび層が定着することにより耐候性能は発揮されている、としている<sup>7)</sup>。しかし、さび層は定着することはなく流動的に生成されるさび層がそこには存在している、とみられる。

キーワード 耐候性鋼橋梁, さび生成過程, はく落さび, 腐食減耗, さび厚さ, さび粒子径

連絡先 〒239-0835 横須賀市佐原三丁目 16-24-711 加納橋梁技術事務所 Email kanoi-136@titan.ocn.ne.jp

一方、十分な「水」が供給される環境では、さび層は十分な「面」と「厚さ」をもって成長し、季節的な腐食条件の変化で明確な「層」を形成する。写真1は建設後31年を経過した橋梁の支承での層状さびを示したもので、層の数が31となっていて建設年数と一致する。積雪地帯であり、融雪剤の溶けた排水を伸縮装置からの漏水として受ける春季を1つの節目とした周期性、すなわち水を中心とした周期性が層状を形成させる要因であることがうかがえる。「層状さび」の生成条件には水が必要であり、水の供給の量的な条件は今後究明が必要であるが、「うろこさび」の生成条件とは大きく異なるとみられる。

**2) 状態の良いさびであってもはく離(はく離)を起こすこと** はく離性のさびとして「層状さび」や「うろこさび」をあげて腐食速度が大きいことをイメージするが、はく離の有無はさび状態の良し悪しを決めるものではない。状態がよくても、細かな粒子さびのはく離は起こしている。その量は図2で示す通りである。

**3) さび厚はある時期から一定となること** さび保持量には限界点があり、それを越えた時期では、さび厚さはほぼ一定となり変化しない。しかし、フランジの上面ではさびは堆積をするため増加を続ける。さび厚さは、腐食量の目安となるが長期的には腐食量から乖離するため、目安としての限界がある。

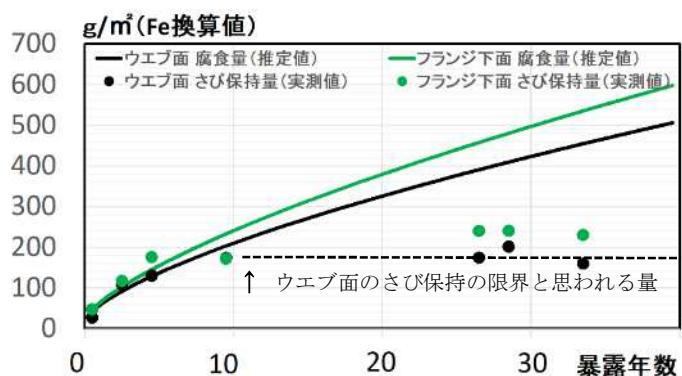


図1 さび保持量と腐食減耗量

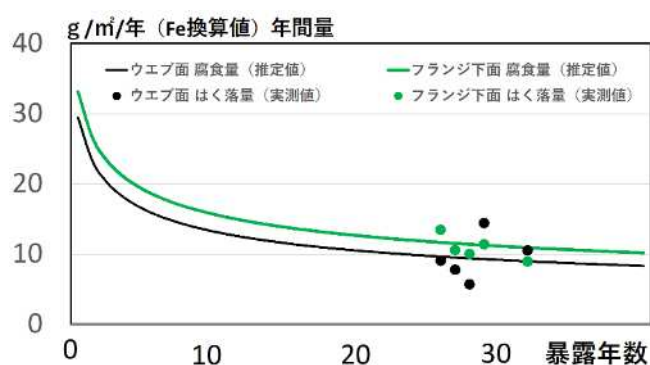


図2 年間はく落さび量と年間腐食減耗量

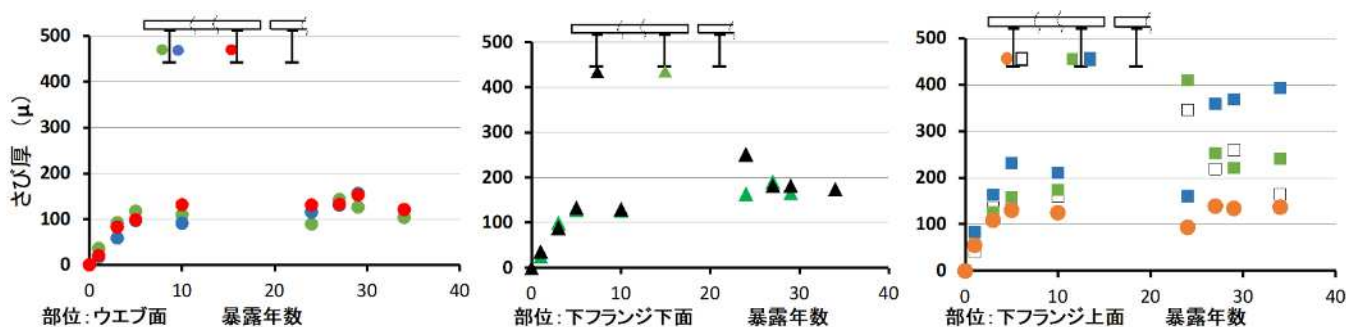


図3 各部位のさび厚の変化

## 参考文献

- 1) 三沢: 鉄さび生成の現状と未解決点, 防食技術, 32, 1983
- 2) Kihira: Colloidal Aspects of Rusting Steel, ELECTRICAL PHENOMENA AT INTERFACES, 1998
- 3) 日本道路協会: 鋼道路橋塗装・防食便覧 耐候性鋼材編 § 2.1.1 防食の原理, 2005.12
- 4) 加納, 森田, 安波, 中島: 耐候性鋼橋梁のはく落さびに関する考察, 2019年次講演 I-390 2019.9.5
- 5) 中島, 加納, 安波, 森田: 長崎県における耐候性鋼

橋梁の腐食性状に関する研究, 鋼構造論文集, 第25巻第98号 2018.6

- 6) 三沢, 山下, 長野: 耐候性鋼の安定さび層: までりあ, 第35巻第7号, 1996
- 7) 紀平, 塩谷, 幸, 中山, 竹村, 渡辺: 耐候性鋼さび安定化評価技術の体系化, 土木学会論文集 No745, I-65, 2003.10

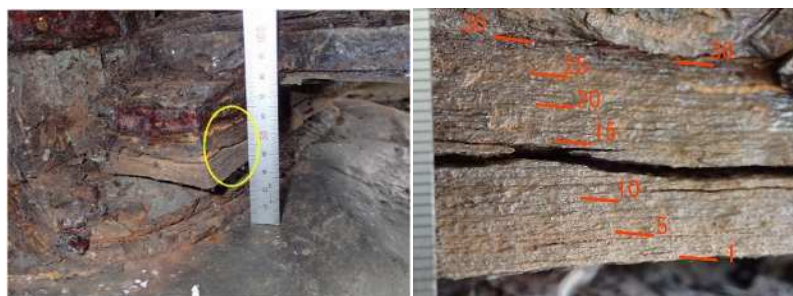


写真1 建設後31年経過した支承ベースプレートの層状さび